

圧電アクチュエータユニット及びその製造方法及び圧電構造体 並びにそれを用いた液体噴射装置

発明の背景

発明の分野

本発明は、圧電振動子を備えた圧電アクチュエータユニット及びその製造方法、並びに圧電アクチュエータユニットの製造に供される圧電構造体に関する。この圧電アクチュエータユニットは、例えば、液体噴射ヘッドやマイクロポンプの部品として好適に用いられている。ここで、液体噴射ヘッドは、ノズル開口から液滴を吐出させるものであり、例えば、プリンタ等の画像記録装置に用いられる記録ヘッド、液晶ディスプレイの製造に用いられる液晶噴射ヘッド、カラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッド等がある。また、マイクロポンプは、極く微量の液体を扱うことができる超小型のポンプである。

また、本発明は、ノズル開口から液滴を噴射する液体噴射装置に関する。従来の液体噴射装置の代表例としては、画像記録用のインクジェット式記録ヘッドを備えたインクジェット式記録装置がある。その他の液体噴射装置としては、例えば液晶ディスプレイ等のカラーフィルタの製造に用いられる色材噴射ヘッドを備えた装置、有機ELディスプレイ、面発光ディスプレイ（FED）等の電極形成に用いられる電極材（導電ペースト）噴射ヘッドを備えた装置、バイオチップ製造に用いられる生体有機物噴射ヘッドを備えた装置、精密ピペットとしての試料噴射ヘッドを備えた装置等が挙げられる。

関連技術の説明

圧電振動子を備えた圧電アクチュエータユニットを用いた装置として液体噴射装置があり、その代表例であるインクジェット式記録装置は、印刷時の騒音が比較的小さく、しかも小さなドットを高い密度で形成できるため、昨今においてはカラー印刷を含めた多くの印刷に使用されている。

このインクジェット式記録装置は、一般に、キャリッジに搭載されて記録紙等の記録媒体の幅方向（ヘッド走査方向）に往復移動するインクジェット式記録ヘッド（液体噴射ヘッド）と、記録媒体をヘッド走査方向と直交する方向（媒体送

り方向)に移動させる送り手段と、を備えている。

このインクジェット式記録装置においては、印刷データに対応して記録ヘッドより記録媒体に対してインク滴(液滴)を吐出させることで印刷が行われる。そして、キャリッジに搭載される記録ヘッドを、例えばブラック、イエロー、シアン、マゼンタの各色のインクの吐出が可能なものとすることにより、ブラックインクによるテキスト印刷ばかりでなく、各インクの吐出割合を変えることにより、フルカラー印刷を可能としている。

図18は、従来のインクジェット式記録装置の記録ヘッドの一例を示した断面図である。

この記録ヘッド162は、合成樹脂製のケース163と、このケース163の前面(図の左側に相当する)に貼着された流路ユニット164とを備えている。そして、この流路ユニット164は、多数のノズル開口165が穿設されたノズルプレート166と、流路形成板168と、弾性板176と、振動板167とを積層して構成されている。

ケース163は、前面と背面に開放された收容空間169が設けられたブロック状部材である。この收容空間169には、固定基板170に固定された圧電振動子161が收容されている。この圧電振動子161は縦振動モードを持っている。

ノズルプレート166は、副走査方向に沿って多数のノズル開口165が列状に穿設された薄い板状部材である。各ノズル開口165は、ドット形成密度に対応した所定ピッチで配置されている。振動板167及び弾性板176によって、圧電振動子161の先端が接合された島状の厚肉部171と、この厚肉部171の周囲を囲うようにして設けられ、弾性を有する薄肉部172とが形成されている。流路形成板168には、圧力室173、共通インク室174、及び、これらの圧力室173と共通インク室174とを連通するインク供給口175が形成されている。

そして、ノズルプレート166を流路形成板168の前面に配置するとともに、振動板167及び弾性板176を背面側に配置し、ノズルプレート166と振動板167及び弾性板176とにより流路形成板168を挟んだ状態で接着等によ

り一体化されて流路ユニット 1 6 4 が形成されている。

圧電振動子 1 6 1 の先端は、厚肉部 1 7 1 に背面側から接合され、この状態で圧電振動子 1 6 1 がケース 1 6 3 に固定されている。また、この圧電振動子 1 6 1 にはフレキシブルケーブル 1 7 7 が接続されており、このフレキシブルケーブル 1 7 7 を介して駆動信号 (COM) や印刷データ (SI) 等が供給される。

図 1 8 に示した縦振動モードの圧電振動子 1 6 1 は、充電されると電界と直交する方向に収縮し、放電すると電界と直交する方向に伸長する特性を有する。したがって、この記録ヘッド 1 6 2 では、充電されることにより圧電振動子 1 6 1 は後方に収縮し、この収縮に伴って厚肉部 1 7 1 が後方に引き戻され、収縮していた圧力室 1 7 3 が膨張する。この膨張に伴って共通インク室 1 7 4 のインクがインク供給口 1 7 5 を通って圧力室 1 7 3 内に流入する。一方、放電することにより圧電振動子 1 6 1 は前方に向けて伸長し、厚肉部 1 7 1 が前方に押されて圧力室 1 7 3 が収縮する。この収縮に伴って圧力室 1 7 3 内のインク圧力が高くなり、ノズル開口 1 6 5 からインク滴が吐出される。

ところで、インクジェット式記録装置において印刷の画質を高めたり、或いは印刷速度を高めるためには、記録ヘッドのノズルピッチを小さくしてノズル密度を高めることが望ましい。

しかしながら、従来の圧電アクチュエータユニットを使用する図 1 8 に示した記録ヘッドにおいては、そのノズルピッチを小さくしてノズル密度を現行よりも高めることは、製造上の制約があるために極めて困難である。

記録ヘッドにおいてそのノズルピッチを小さくすることは、同時に圧力室同士のピッチを小さくすることになり、このように圧力室同士のピッチが小さくなると、圧力室の上方に形成された島状の厚肉部と圧力室隔壁との間隔が狭くなる。これは、圧電振動子を駆動した際の反力の増大を招き、印刷時のクロストークの悪化や、記録ヘッドを構成する部材の接着剥がれ等が引き起こされることになる。

前記の如くノズル密度の向上 (ノズルピッチの短縮) には限界があるため、1 列あたりのノズル数を増やすのではなく、ノズル列の数を増やすことにより 1 つの記録ヘッドに形成されるノズル開口の総数を増やす方法がある。

ところが、従来の記録ヘッドの構造では、ノズル列数の増加に応じて圧電アク

チュエータユニットの数を増やさなければならなかった。一般に、1つの圧電アクチュエータユニットは、圧電材料層と電極層とを積層して構成された1つの積層体バルクから製造される。従って、製造すべき圧電アクチュエータユニットの数だけ積層体バルクが必要となり、これによって製造コストの増加をもたらされる。また、一般に、記録ヘッドを組み立てる際には圧電アクチュエータユニットごとに配線（テープキャリアパッケージ等）が必要とされるので、圧電アクチュエータユニット数の増加によって配線の必要数も増加し、製造工程の複雑化や記録ヘッド周りの煩雑化がもたらされてしまう。

なお、1つの積層体バルクから2つの圧電振動子列を形成する技術も提案されている（特開平8-11304号）。しかしながら、この技術は、圧電振動子列同士を切り分けるために積層体バルクの中央に溝を形成するものであるため、例えば配線の引き回しに関しては、結局、別体の2つの圧電アクチュエータユニットを設けた構成と同等であって、配線の煩雑化は避けられない。

発明の要約

本発明は、上述した事情を考慮してなされたのであって、その目的とするところは、主として、クロストークの増加や接着剤剥がれ等が引き起こされることなく、しかも、製造コストの過大な増加や配線の煩雑化がもたらされることもなしにノズル数を増加させることができる液体噴射ヘッドを提供可能とする圧電アクチュエータユニット及びその製造方法、並びにその製造に供される圧電構造体を提供し、また、それを用いた液体噴射ヘッドを備えた液体噴射装置を提供することにある。

本発明は、電極層と圧電材料層とが交互に積層され、両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子を備えた圧電アクチュエータユニットであって、前記複数の圧電振動子は、前記積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並設されており、各圧電振動子は、前記積層方向及び前記振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向の一側の領域と他側の領域とを含み、前記一側の領域と前記他側の領域のいずれか一方が圧電変形可能な活性部を形成すると共にいずれか他方が圧電変形不能な非活性部を形成しており、隣り合う圧電振動子同士では前記活性

部及び前記非活性部の配置が逆であり、各圧電振動子は駆動電圧入力側の個別電極層を有し、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層が前記振動子幅方向における前記圧電アクチュエータユニットの一侧の側面に露出していることを特徴とする。

また、好ましくは、前記複数の圧電振動子のそれぞれの、さらに、基準電位側の共通電極層を有し、前記複数の圧電振動子のすべての前記共通電極層が、前記振動子幅方向における前記圧電アクチュエータユニットの他側の側面に露出している。

また、好ましくは、前記複数の圧電振動子を駆動するための外部駆動手段をさらに備え、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層が、前記圧電アクチュエータユニットの一つの側面にて前記外部駆動手段と電氣的に接続されている。

また、好ましくは、前記圧電アクチュエータユニットの一侧の側面に露出した、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記個別電極層に電氣的に接続された複数の個別外部電極と、前記圧電アクチュエータユニットの他側の側面に露出した、前記複数の圧電振動子のすべての前記共通電極層に対して電氣的に接続された共通外部電極と、をさらに備え、前記共通外部電極は、前記個別外部電極と同じ側に引き出されている。

また、好ましくは、前記圧電振動子同士の間前記振動子幅方向の全体にわたって延在する圧電変形不能の非活性壁部分を介して、前記複数の圧電振動子が互いに分離されることなく一体に形成されている。

また、好ましくは、前記複数の圧電振動子はそれぞれが独立に形成されており、前記アクチュエータユニットの前記積層方向の一侧に配置された固定基板によって前記複数の圧電振動子が一体に固定されている。

また、好ましくは、前記固定基板は快削性セラミクスによって形成されている。

また、好ましくは、前記固定基板を保持する圧電アクチュエータユニット基板をさらに備える。

また、好ましくは、前記複数の圧電振動子の電極層に電氣的に接続されたテープキャリアパッケージをさらに備え、前記テープキャリアパッケージは前記複数

の圧電振動子を駆動するための集積回路を含み、前記集積回路の裏面は前記圧電アクチュエータユニット基板に少なくとも部分的に固定されている。

本発明は、電極層と圧電材料層とが交互に積層され両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子を、前記積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並べて構成された圧電アクチュエータユニットを製造する方法であって、前記複数の圧電振動子の基準電位側の共通電極層を形成するための第1導電材料層と、前記複数の圧電振動子の駆動電圧入力側の個別電極層を形成するための第2導電材料層とを、圧電材料層を間に挟んで交互に積層して積層体を形成する積層工程を備え、前記第1導電材料層には、前記振動子配列方向に沿って第1窓列をなして所定のピッチで配置された複数の第1窓部が形成されており、前記第2導電材料層には、前記第1窓列に平行な第2窓列をなして前記所定のピッチで配置された複数の第2窓部が形成されており、前記第1窓部と前記第2窓部とが前記所定のピッチの半分のピッチで前記振動子配列方向に互いにずれていることを特徴とする。

また、好ましくは、前記積層方向における前記積層体の一方の面に固定基板を接合する工程をさらに備える。

また、好ましくは、前記積層方向及び前記振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向における前記積層体の一方の面に、前記第2導電材料層に接続される第2外部導電材料層を形成する工程と、前記振動子幅方向における前記積層体の他方の面に前記第1導電材料層に接続される第1外部導電材料層を形成し、前記第1外部導電材料層を、前記固定基板の、前記積層体が接合された面と反対側の面を通過して、前記第2外部導電材料層が形成された前記積層体の一方の面まで引き出すようにして延設する工程と、をさらに備える。

また、好ましくは、前記積層方向に沿って前記積層体に複数の切り込みを形成して前記複数の圧電振動子を形成する工程であって、前記複数の切り込みのそれぞれが、前記振動子配列方向における前記第1窓部の端部及び前記第2窓部の端部の両方にかかる位置にて形成される工程をさらに備える。

また、好ましくは、前記第1導電材料層又は前記第2導電材料層が、前記複数の圧電振動子の先端に相当する前記積層体の端面にも形成される。

また、好ましくは、前記複数の圧電振動子を駆動するための外部駆動手段を、前記積層体の一つの面にて、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層に電氣的に接続する工程をさらに備える。

本発明は、電極層と圧電材料層とが交互に積層され両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子を、前記積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並べて構成された圧電アクチュエータユニットを製造するために使用される圧電構造体であって、前記複数の圧電振動子の基準電位側の共通電極層を形成するための第1導電材料層と、前記複数の圧電振動子の駆動電圧入力側の個別電極層を形成するための第2導電材料層とを、圧電材料層を間に挟んで交互に積層して形成された積層体を備え、前記第1導電材料層には、前記振動子配列方向に沿って第1窓列をなして所定のピッチで配置された複数の第1窓部が形成されており、前記第2導電材料層には、前記第1窓列に平行な第2窓列をなして前記所定のピッチで配置された複数の第2窓部が形成されており、前記第1窓部と前記第2窓部とが前記所定のピッチの半分のピッチで前記振動子配列方向に互いにずれている、ことを特徴とする。

また、好ましくは、前記積層方向における前記積層体の一方の面に接合された固定基板をさらに備える。

また、好ましくは、前記積層方向及び前記振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向における前記積層体の一方の面に形成され、前記第2導電材料層に接続された第2外部導電材料層と、前記振動子幅方向における前記積層体の他方の面に形成され、前記第1導電材料層に接続された第1外部導電材料層であって、前記固定基板の、前記積層体が接合された面と反対側の面を通過して、前記第2外部導電材料層が形成された前記積層体の一方の面まで引き出すようにして延設された第1外部導電材料層と、をさらに備える。

また、好ましくは、前記積層方向に沿って前記積層体に形成された複数の切り込みによって前記複数の圧電振動子が形成され、前記複数の切り込みのそれぞれが、前記振動子配列方向における前記第1窓部の端部及び前記第2窓部の端部の両方にかかる位置にて形成されている。

また、好ましくは、前記第1導電材料層又は前記第2導電材料層が、前記複数

の圧電振動子の先端に相当する前記積層体の端面にも形成されている。

また、好ましくは、前記積層体の一つの面にて前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層に接続された、前記複数の圧電振動子を駆動するための外部駆動手段をさらに備える。

本発明は、液滴が噴射される複数のノズル開口が所定のピッチで列状に形成されたノズル形成面を有する液体噴射ヘッドを備えた液体噴射装置であって、前記液体噴射ヘッドは、前記複数のノズル開口のそれぞれに連通する複数の圧力室と、前記複数の圧力室のそれぞれの一面を形成する複数の弾性壁と、前記弾性壁を変形させて前記圧力室の容積を変化させる圧電アクチュエータユニットと、を有し、前記複数のノズル開口及び前記複数の圧力室は、互いに平行な第1列及び第2列をなして配置されると共に、前記第1列に属する前記ノズル開口及び前記圧力室と前記第2列に属する前記ノズル開口及び前記圧力室とが前記所定のピッチの半分のピッチで互いにずれており、前記圧電アクチュエータユニットは、前記複数の圧力室に対応させて前記所定のピッチの半分のピッチで1列に配置された複数の圧電振動子を有し、前記複数の圧電振動子のそれぞれが、前記第1列又は前記第2列に属する前記圧力室に対応する圧電変形可能な活性部と、前記第2列又は前記第1列に属する前記圧力室同士を隔離する隔壁に対応する圧電変形不能な非活性部と、を含み、隣り合う前記圧電振動子同士では前記活性部及び前記非活性部の配置が逆であり、各圧電振動子は駆動電圧入力側の個別電極層を有し、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層が前記振動子幅方向における前記圧電アクチュエータユニットの一側の側面に露出している。

また、好ましくは、前記圧電振動子は圧電材料層と電極層とを前記ノズル形成面に垂直な方向に沿って積層して形成されており、前記圧電振動子は前記圧電材料層及び前記電極層の積層方向に振動する。

また、好ましくは、前記複数の圧電振動子のすべてと外部駆動源とが前記圧電アクチュエータユニットの一側面にて電気的に接続されている。

また、好ましくは、前記圧電アクチュエータユニットを複数備え、前記複数のノズル開口及び前記複数の圧力室で構成される前記第1列及び前記第2列から成る組を複数備え、前記第1列及び前記第2列から成る各組毎に前記圧電アクチュ

エータユニットを配置する。

また、好ましくは、前記複数の弾性壁は、前記複数の圧力室の全体を覆う弾性板の一部から成り、前記弾性板の前記圧電アクチュエータユニット側の面は、前記複数の弾性壁のそれぞれの周囲においては前記圧電アクチュエータユニットのみに接合されている。

また、好ましくは、前記複数の圧力室のそれぞれに対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記活性部が接合された複数の島状の可動厚肉部と、前記複数の圧力室同士を隔離する前記隔壁に対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記非活性部が接合された複数の島状の固定厚肉部とが、前記弾性板の前記圧電アクチュエータユニット側の面に設けられている。

また、好ましくは、前記複数の圧力室のそれぞれに対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記活性部が接合された複数の島状の可動厚肉部と、前記複数の圧力室同士を隔離する前記隔壁に対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記非活性部が接合された複数の半島状の固定厚肉部と、前記第1列に対応する前記半島状の固定厚肉部同士を連結する第1厚肉基部と、前記第2列に対応する前記半島状の固定厚肉部同士を連結する第2厚肉基部とが、前記弾性板の前記圧電アクチュエータユニット側の面に設けられている。

また、好ましくは、前記第1厚肉基部及び前記第2厚肉基部は、前記圧力室に関して、前記ノズル開口が形成された側とは反対側に配置されている。

また、好ましくは、前記隔壁に対応して形成された前記島状の固定厚肉部又は前記半島状の固定厚肉部の長さは、前記圧力室に対応して形成された前記島状の可動厚肉部の長さよりも長い。

また、好ましくは、前記弾性壁は、前記島状の可動厚肉部に対応する部分と、前記島状の可動厚肉部の周囲に形成されたコンプライアンス部と、を有し、前記コンプライアンス部の外側輪郭は、前記複数のノズル開口の配列方向においては、前記隔壁に対応して形成された前記島状の固定厚肉部又は前記半島状の固定厚肉部によって規定され、前記複数のノズル開口の配列方向に直行する方向においては、前記圧力室を形成する側壁面の一部及び前記圧力室のインク供給口によって規定される。

また、好ましくは、前記圧電振動子は圧電材料層と電極層とを前記ノズル形成面に垂直な方向に沿って積層して形成されており、前記圧電振動子は前記圧電材料層及び前記電極層の積層方向に振動し、前記圧電振動子同士の間前記振動子幅方向の全体にわたって延在する圧電変形不能の非活性壁部分を介して、前記複数の圧電振動子が互いに分離されることなく一体に形成されている。

以上述べたように本発明によれば、クロストークの増加や接着剤剥がれ等が引き起こされることなく、しかも、製造コストの過大な増加や配線の煩雑化がもたられることもなしに液体噴射ヘッドのノズル数を増加させることが可能となる。

また、本発明によれば、圧電アクチュエータユニットの一つの側面から複数の圧電振動子のすべてに駆動信号を供給することができるので、ノズル数の増加に起因する配線の煩雑化を避けることができる。

図面の簡単な説明

本発明の上記目的及び他の目的、特徴、及び利点が、添付の図面を参照してなされる以下の説明によってより明らかになるであろう。

図1は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットを用いた液体噴射装置としてのインクジェット式記録装置の概略構成を示した斜視図である。

図2は、図1に示したインクジェット式記録装置の記録ヘッドを拡大して示した縦断面図である。

図3は、図1のA-A断面図である。

図4は、図2に示した記録ヘッドの第1列のノズル開口を含む縦断面図であり、図6のA-A断面図である。

図5は、図2に示した記録ヘッドの第2列のノズル開口を含む縦断面図であり、図6のB-B断面図である。

図6は、図2に示した記録ヘッドのノズル開口、圧力室、及びインク流路の配置構成を示した図である。

図7は、図2に示した記録ヘッドの可動厚肉部及び固定厚肉部の配置構成を示した図である。

図 8 は、図 2 に示した記録ヘッドの圧電振動子の配置構成を示した図である。

図 9 は、図 7 に示した記録ヘッドの固定厚肉部の配置構成の変形例を示した図である。

図 10 A は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、第 1 導電材料層が積層された圧電材料層を示す。

図 10 B は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、第 2 導電材料層が積層された圧電材料層を示す。

図 11 A は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、積層工程の途中を示す。

図 11 B は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、積層工程が終了した状態を示す。

図 12 は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、積層体に固定基板を接合した状態を示した図である。

図 13 は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、積層体及び固定基板に第 1 及び第 2 外部導電材料層を形成した状態を示した図である。

図 14 は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、第 1 及び第 2 外部導電材料層と共に積層体及び固定基板に複数の切り込みを形成した状態を示した図である。

図 15 A は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、図 14 に示した切り込みを形成する位置について、第 1 導電材料層の窓部との関係を示す。

図 15 B は、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットの製造方法を説明するための図であり、図 14 に示した切り込みを形成する位置について、第 2 導電材料層の窓部との関係を示す。

図 16 A は、図 14 に示した実施形態の一変形例としての圧電アクチュエータユニットを説明するための図であり、基準電位側の共通電極層 44 を構成する第 1 導電材料層 50 のパターンを示す。

図 16 B は、図 14 に示した実施形態の一変形例としての圧電アクチュエータ

ユニットを説明するための図であり、駆動電圧入力側の個別電極層 4 3 を構成する第 2 導電材料層 5 1 のパターンを示す。

図 1 7 は、図 1 4 に示した実施形態の一変形例としての圧電アクチュエータユニットを示した斜視図である。

図 1 8 は、従来のインクジェット式記録装置の記録ヘッドを示した断面図である。

好ましい実施形態の説明

以下、本発明の一実施形態による圧電アクチュエータユニットを備えた液体噴射装置としてのインクジェット式記録装置について図面を参照して説明する。

図 1 は、本実施形態による圧電アクチュエータユニットを用いたインクジェット式記録装置の概略構成を示した斜視図である。図 1 中符号 1 はキャリッジであり、このキャリッジ 1 はキャリッジモータ 2 により駆動されるタイミングベルト 3 を介して、ガイド部材 4 に案内されてプラテン 5 の軸方向に往復移動されるように構成されている。プラテン 5 は、記録紙 6（記録媒体の一種）をその裏面から支持してインクジェット式記録ヘッド（液体噴射ヘッド） 1 2 に対する記録紙 6 の位置を規定する。

キャリッジ 1、キャリッジモータ 2、タイミングベルト 3、及びガイド部材 4 は、記録ヘッド 1 2 をキャリッジ 1 と共にヘッド走査方向に走査させるキャリッジ機構を構成している。

記録ヘッド 1 2 は、キャリッジ 1 の記録紙 6 に対向する側に搭載されている。キャリッジ 1 には、記録ヘッド 1 2 にインクを供給するインクカートリッジ 7 が着脱可能に装着されている。

インクジェット式記録装置の非印刷領域であるホームポジション（図 1 中、右側）にはキャップ部材 1 3 が配置されており、このキャップ部材 1 3 はキャリッジ 1 に搭載された記録ヘッド 1 2 がホームポジションに移動した時に、記録ヘッド 1 2 のノズル形成面に押し当てられてノズル形成面との間に密閉空間を形成するように構成されている。そして、キャップ部材 1 3 の下方には、キャップ部材 1 3 により形成された密閉空間に負圧を与えるための吸引ポンプ 1 0 が配置され

ている。

キャップ部材 13 の印刷領域側の近傍には、ゴムなどの弾性板（弾性ブレード）から成るワイピング部材 11 が記録ヘッド 12 の移動軌跡に対して例えば水平方向に進退できるように配置されていて、キャリッジ 1 がキャップ部材 13 側から印刷領域側に移動するに際して、必要に応じて記録ヘッド 12 のノズル形成面を払拭することができるように構成されている。

このインクジェット式記録装置は、さらに、記録ヘッド 12 により印刷（記録）が行われる記録紙 6 をヘッド走査方向に対して直交する媒体送り方向に間欠的に搬送する媒体送り機構を備えている。

次に、図 2 乃至図 8 を参照して本実施形態による圧電アクチュエータユニットを用いたインクジェット式記録ヘッド（液体噴射ヘッド） 12 について詳述する。

図 2 及びその A-A 断面図である図 3 に示したようにこの記録ヘッド 12 は、合成樹脂製のケース 20 と、このケース 20 の底面に貼着された流路ユニット 21 とを備えている。流路ユニット 21 は、多数のノズル開口 23A、23B（図 2 及び図 3 には 23A のみを示す。）が穿設されたノズルプレート 24 と、流路形成板 25 と、弾性板 26 と、振動板 27 とを積層し、接着等により一体化して形成されている。ノズルプレート 24 は、副走査方向に沿って多数のノズル開口 23A、23B が穿設された薄い板状部材であり、ノズルプレート 24 の下面はノズル形成面 22 を形成している。

ケース 20 は、上面と底面で開放する収容空間 28 が設けられたブロック状部材である。この収容空間 28 には、本発明の一実施形態である圧電アクチュエータユニット 29 とその上面に取り付けられた圧電アクチュエータユニット基板 30 が収容されている。

圧電アクチュエータユニット 29 には、駆動集積回路 31 を持つテープキャリアパッケージ 32 が電氣的に接続されている。駆動集積回路 31 の一面は圧電アクチュエータユニット基板 30 に接着されており、これにより、駆動集積回路 31 の冷却効果が得られる。

圧電アクチュエータユニット 29 は一列に配置された複数の圧電振動子 33 を

有している。この圧電振動子 3 3 は、電極層と圧電材料層とがノズル形成面 2 2 に垂直な方向に沿って交互に積層されて構成され、両層の積層方向に振動するものであり、圧電歪定数 d_{33} を持っている。圧電振動子 3 3 は、圧電変形可能な活性部 3 3 a と、圧電変形不能な非活性部 3 3 b とを有している。

流路形成板 2 5 には、複数の圧力室 3 4 A、3 4 B（図 2 及び図 3 には 3 4 A のみを示す。）、インク種毎に形成された共通インク室 3 5、及び、圧力室 3 4 A、3 4 B と共通インク室 3 5 とを圧力室 3 4 A、3 4 B 毎に連通するインク供給口 3 6 が形成されている。圧力室 3 4 A（3 4 B）同士の間は隔壁 3 7 で隔離されている。各圧力室 3 4 A、3 4 B の上面開口は、単一の弾性板 2 6 の一部から成る各弾性壁 2 6 a によって封止されている。弾性壁 2 6 a は、圧電アクチュエータユニット 2 9 の圧電振動子 3 3 の変形に応じて変形し、これにより圧力室 3 4 A、3 4 B の容積を変化させることができる。

圧電振動子 3 3 の活性部 3 3 a（図 4、図 5）の先端が接合された島状の可動厚肉部 3 8 と、この可動厚肉部 3 8 の周囲を囲うように設けられ、弾性を有する薄肉部（コンプライアンス部）3 9 と、隔壁 3 7 に対応して形成され、圧電振動子 3 3 の非活性部 3 3 b（図 4、図 5）の先端が接合された島状の固定厚肉部 4 0 とが、弾性板 2 6 及び振動板 2 7 によって形成されている。

ケース 2 0 には共通インク室 3 5 にインクを供給するためのインク供給路 4 1 がインク種毎に形成されている。このインク供給路 4 1 は弾性板 2 6 及び振動板 2 7 を貫通して共通インク室 3 5 に連通している。

本実施形態による圧電アクチュエータユニットを用いたインクジェット式記録ヘッドは、所定のピッチで配設された多数のノズル開口 2 3 A、2 3 B から成る互いに平行な 2 列のノズル列を備えている。図 4 は第 1 列のノズル開口 2 3 A を含む縦断面図であり、図 5 は第 2 列のノズル開口 2 3 B を含む縦断面図である。また、図 6 は、ノズル開口 2 3 A、2 3 B、圧力室 3 4 A、3 4 B、及びインク流路の配置構成を示した図であり、図 7 は、可動厚肉部 3 8 及び固定厚肉部 4 0 の配置構成を示した図であり、図 8 は、圧電振動子 3 3 の配置構成を示した図である。なお、図 4 は図 6 の A-A 断面図であり、図 5 は図 6 の B-B 断面図である。

図 6 から分かるように、第 1 列に属するノズル開口 2 3 A 及び圧力室 3 4 A と、第 2 列に属するノズル開口 2 3 B 及び圧力室 3 4 B とが、ノズル開口 2 3 A（又は 2 3 B）同士の所定のピッチの半分のピッチで互いにずれている。

また、図 3 及び図 8 から分かるように、圧電アクチュエータユニット 2 9 は、複数の圧力室 3 4 A、3 4 B に対応させてノズル開口 2 3 A（又は 2 3 B）同士の所定のピッチ（ノズルピッチ）の半分のピッチで一行に配置された複数の圧電振動子 3 3 を有している。

そして、図 4 及び図 5 に示したように、電極層 4 3、4 4 及び圧電材料層 4 9 の積層方向に直行する振動子配列方向（図 4、図 5 の紙面に垂直な方向）に一行に並設された複数の圧電振動子 3 3 のそれぞれが、積層方向及び振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向（図 4、図 5 の左右方向）の一侧の半部と他側の半部とを含み、一侧及び他側のいずれか一方の半部が第 1 列又は第 2 列に属する圧力室 3 4 A 又は 3 4 B に対応する圧電変形可能な活性部 3 3 a を形成し、いずれか他方の半部が第 2 列又は第 1 列に属する圧力室同士 3 4 B 又は 3 4 A を隔離する隔壁 3 7 に対応する圧電変形不能な非活性部 3 3 b を形成する。つまり、複数の圧電振動子 3 3 の配列方向に沿って、活性部 3 3 a 及び非活性部 3 3 b の配置が左右に交互に入れ替わっており、隣り合う圧電振動子 3 3 同士では活性部 3 3 a 及び非活性部 3 3 b の配置が逆になっている。

図 4 及び図 5 中、符号 4 3 は電極層によって形成された駆動電圧入力側の個別電極層を示し、符号 4 4 は電極層によって形成された基準電位側の共通電極層を示している。個別電極層 4 3 と共通電極層 4 4 との間には圧電材料層 4 9 が介在している。各個別電極層 4 3 は各圧電振動子 3 3 の一方の側面（図 4、図 5 における右側の側面）に露出しており、各個別電極層 4 3 の露出部には各個別外部電極 4 5 が電氣的に接続されている。また、各圧電振動子 3 3 の共通電極層 4 4 は各圧電振動子 3 3 の他方の側面（図 4、図 5 における左側の側面）に露出しており、各共通電極層 4 4 の露出部には共通外部電極 4 6 が電氣的に接続されている。共通外部電極 4 6 は複数の圧電振動子 3 3 のすべての共通電極層 4 4 に対して電氣的に共通に接続されている。

図 4 から分かるように、第 1 列のノズル開口 2 3 A 及び圧力室 3 4 A に対応す

る活性部 3 3 a は、圧電アクチュエータユニット 2 9 の一方の側面（図 4 中の右側の側面）から圧電振動子 3 3 の幅方向（図 4 中左右方向）の内側に延びる短い個別電極層 4 3 と、圧電アクチュエータユニット 2 9 の他方の側面（図 4 中の左側の側面）から圧電振動子 3 3 の幅方向の内側に延びる長い共通電極層 4 4 とを含んでいる。

一方、図 5 から分かるように、第 2 列のノズル開口 2 3 B 及び圧力室 3 4 B に対応する活性部 3 3 a は、圧電アクチュエータユニット 2 9 の一方の側面（図 5 中の右側の側面）から圧電振動子 3 3 の幅方向（図 5 中の左右方向）の内側に延びる長い個別電極層 4 3 と、圧電アクチュエータユニット 2 9 の他方の側面（図 5 中の左側の側面）から圧電振動子 3 3 の幅方向の内側に延びる短い共通電極層 4 4 とを含んでいる。

複数の圧電振動子 3 3 の上部には固定基板 4 7 が設けられており、切り離されて互いに独立に形成された複数の圧電振動子 3 3 が、固定基板 4 7 によって一体に固定されている。固定基板 4 7 は、快削性セラミクスによって形成されている。

なお、図 2 に示したように固定基板 4 7 は、圧電アクチュエータユニット基板 3 0 を介してケース 2 0 の内面に接続されている。但し、後述するように本実施形態においては圧電振動子 3 3 の駆動時の反力をケース 2 0 で受ける必要がないので、圧電アクチュエータユニット基板 3 0 のケース 2 0 への固定は堅固である必要はない。

図 4 及び図 5 に示したように共通外部電極 4 6 は、固定基板 4 7 の上面を通して個別外部電極 4 5 と同じ側に引き出されている。従って、複数の圧電振動子 3 3 の個別外部電極 4 5 及び共通外部電極 4 6 のすべてを、圧電アクチュエータユニット 2 9 の一側面（図 4、図 5 中の右側側面）にてテープキャリアパッケージ（外部駆動手段の一種）3 2 に電氣的に接続することができる。これにより、ノズル数の増加に起因する配線の煩雑化を避けることができる。

本実施形態における記録ヘッド 1 2 では、弾性板 2 6 の圧電アクチュエータユニット 2 9 側の面は、複数の弾性壁 2 6 a のそれぞれの周囲においては、ケース 2 0 に接合されることなく圧電アクチュエータユニット 2 9 のみに接合されている。このため、圧電振動子 3 3 を駆動した際に発生する力はケース 2 0 を経由す

ることなくループを形成する。つまり、圧電振動子 3 3 の駆動時の反力をケース 2 0 で受ける必要がない。従って、ケース 2 0 に対して要求される構造強度を低く抑えることが可能であり、ケース 2 0 の材料や構造の選択の自由度が高くなる。

図 7 から分かるように、隔壁 3 7 に対応して形成された島状の固定厚肉部 4 0 の長さは、圧力室 3 4 A, 3 4 B に対応して形成された島状の可動厚肉部 3 8 の長さよりも長い。また、図 3 から分かるように弾性壁 2 6 a は、島状の可動厚肉部 3 8 に対応する部分と、この可動厚肉部 3 8 の周囲に形成された薄肉部（コンプライアンス部） 3 9 と、を含む。薄肉部（コンプライアンス部） 3 9 の外側輪郭は、複数のノズル開口 2 3 A（又は 2 3 B）の配列方向においては、隔壁 3 7 に対応して形成された島状の固定厚肉部 4 0 によって規定され、複数のノズル開口 2 3 A（又は 2 3 B）の配列方向に直行する方向においては、図 2 から分かるように圧力室 3 4 A（3 4 B）の側壁面の一部 3 4' 及びインク供給口 3 6 で規定される。

図 8 から分かるように本実施形態の記録ヘッド 1 2 においては、1 列の圧電振動子 3 3 が 2 列のノズル開口 2 3 A、2 3 B（及び圧力室 3 4 A, 3 4 B）に対応しており、各ノズル列毎に各圧電振動子列が配置される従来の記録ヘッドとは構成が異なる。

なお、固定厚肉部 4 0 の構成の一変形例としては、図 9 に示したように、複数の圧力室 3 4 A, 3 4 B 同士を隔離する隔壁 3 7 に対応して、複数の圧電振動子 3 3 のそれぞれの非活性部 3 3 b が接続される複数の半島状の固定厚肉部 4 0 A、4 0 B を形成し、第 1 列に対応する半島状の固定厚肉部 4 0 A 同士を第 1 厚肉基部 4 8 A で連結し、第 2 列に対応する半島状の固定厚肉部 4 0 B 同士を第 2 厚肉基部 4 8 B で連結する。第 1 厚肉基部 4 8 A 及び第 2 厚肉基部 4 8 B は、圧力室 3 4 A, 3 4 B に関して、ノズル開口 2 3 A、2 3 B が形成された側とは反対側に形成されている。

この図 9 に示した例においては、第 1 厚肉基部 4 8 A 及び第 2 厚肉基部 4 8 B によって弾性板 2 6 がその上方から支持されるので、流路形成板 2 5 に対する弾性板 2 6 のシールをより一層確実にすることができる。また、第 1 厚肉基部 4 8 A 及び第 2 厚肉基部 4 8 B が、弾性板 2 6 を流路形成板 2 5 に接着する際に使用

されるジグの当接部として機能するので、接着時に均一且つ十分な押圧力を確保することが可能となる。

次に、本実施形態による圧電アクチュエータユニット 29 の製造方法について図 10 A 乃至図 15 B を参照して説明する。

まず初めに、複数の圧電振動子 33 の共通電極層 44 を形成するための第 1 導電材料層 50 (図 10 A) と、複数の圧電振動子 33 の個別電極層 43 を形成するための第 2 導電材料層 51 (図 10 B) とを、複数の圧電振動子 33 の圧電材料層 49 を形成するための圧電材料層 52 を間に挟んで交互に積層し (図 11 A)、焼成することにより積層体 55 (図 11 B) を形成する。

図 10 A に示したように、第 1 導電材料層 50 には、複数の圧電振動子 33 の配列方向に沿って第 1 窓列をなして所定のピッチで配置された複数の第 1 窓部 53 が形成されている。また、図 10 B に示したように、第 2 導電材料層 51 には、第 1 窓列に平行な第 2 窓列をなして、第 1 窓部 53 と同じ所定のピッチで配置された複数の第 2 窓部 54 が形成されている。第 1 窓部 53 と第 2 窓部 54 とは、複数の圧電振動子 33 の配列方向に、前記所定のピッチの半分の距離だけ互いにずれている。

次に、図 12 に示したように、第 1 導電材料層 50、第 2 導電材料層 51 及び圧電材料層 52 の積層方向における積層体 55 の一方の面 (図 12 中の上側の面) に固定基板 47 を接合する。すでに述べたようにこの固定基板 47 は快削性セラミクスで形成されている。このように圧電アクチュエータユニット 29 の一部を積層体 55 とは別の部材で形成することにより、高価な圧電材料及び電極材料の費用を節減することができる。

次に、図 13 に示したように、積層体 55 の積層方向及び複数の圧電振動子 33 の配列方向の両方に直交する振動子幅方向における積層体 55 の一方の面に、第 2 導電材料層 51 に接続される第 2 外部導電材料層 57 を形成する。一方、振動子幅方向における積層体 55 の他方の面に、第 1 導電材料層 50 に接続される第 1 外部導電材料層 56 を形成し、この第 1 外部導電材料層 56 を、固定基板 47 の上面を通して、第 2 外部導電材料層 57 が形成された積層体 55 の一方の面まで引き出すようにして延設する。これにより、上述した圧電アクチュエータユ

ユニット 2 9 を製造するための母部材構造である圧電構造体 6 0 が形成される。

次に、図 1 4 に示したように、積層方向に沿って第 1 及び第 2 外部導電材料層 5 7 と共に積層体 5 5 に複数の切り込みを形成し、これにより複数の圧電振動子 3 3 を形成する。このときの切り込みの深さは、固定基板 4 7 がその途中まで切り込まれる程度である。すなわち、第 1 及び第 2 導電材料層 5 0, 5 1 及び圧電材料層 5 2 からなる積層体 5 5 はその上下に貫通して切り込まれ、これにより圧電振動子 3 3 同士が互いに独立した構造となる。

また、この切り込み工程においては、図 1 5 A、図 1 5 B に示したように、複数の切り込みのそれぞれが、複数の圧電振動子 3 3 の配列方向における第 1 窓部 5 3 の端部及び該配列方向における第 2 窓部 5 4 の端部の両方にかかる位置にて形成される。これにより、切り込みの形成と同時に所定長さの共通電極層 4 4 及び個別電極層 4 5 (図 4, 図 5 参照) が形成される。なお、図 4 及び図 5 においては、圧電振動子 3 3 の駆動に寄与しない部分の電極層は記載が省略されている。

また、切り込み時の位置合わせの便宜のために、第 1 導電材料層 5 0 又は第 2 導電材料層 5 1 を、複数の圧電振動子 3 3 の先端に相当する積層体 5 5 の端面(積層体 5 5 の底面)にも形成し、これを積層体 5 5 に切り込みを入れる際の位置合わせの指標とすることができる。特に、積層体 5 5 の寸法が焼成時に変化するような場合には有効である。

最後に、複数の圧電振動子 3 3 を駆動するための外部駆動手段であるテープキャリアパッケージ 3 2 を、積層体 5 5 の一つの面にて、複数の圧電振動子 3 3 のすべての個別外部電極 4 5 及び共通外部電極 4 6 に接続する。このように積層体 5 5 の一面にてテープキャリアパッケージ 3 2 を接続できるので、配線作業が容易であると共に記録ヘッド 1 2 の配線が簡素化される。

以上述べたように本実施形態によれば、圧電材料層 5 2 と電極層 5 0, 5 1 とを積層して構成された 1 バルクの積層体 5 5 から圧電アクチュエータユニット 2 9 を形成し、この圧電アクチュエータユニット 2 9 に形成された 1 列の圧電振動子 3 3 を 2 列のノズル列(及び圧力室列)に対応させることができるので、製造コストの過大な増加や配線の複雑化をもたらすことなく記録ヘッド 1 2 のノズル数を増加させることができる。なお、従来の圧電アクチュエータユニットを用い

てインクジェット式記録装置を製造する場合には、ノズル列（圧力室列）の数だけ圧電アクチュエータユニットが必要であり、或いはまた、ノズル列（圧力室列）の数だけテープキャリアパッケージ（駆動集積回路）が必要であった。

また、本実施形態においては、圧電振動子 3 3 の配列方向において隣り合う圧力室 3 4 A、3 4 B 同士の間の隔壁 3 7 の上方に圧電振動子 3 3 の非活性部 3 3 b が接合されているので、圧電振動子 3 3 を駆動してその活性部 3 3 a を変形させた際に、駆動された圧電振動子 3 3 の両隣に位置する圧電振動子 3 3 の非活性部 3 3 b が流路ユニット 2 1 の変形を防止する。このように圧電アクチュエータユニット 2 9 自身が流路ユニット 2 1 の変形を防止する強度部材として機能するので、印刷時のクロストーク、特に第 1 列（又は第 2 列）の圧電振動子 3 3 のすべてを同時に駆動するような場合のクロストークを効果的に防止できると共に、ケース 2 0 の剛性で流路ユニット 2 1 の変形を防止する必要性が少なくなり、ケース 2 0 の材料や構造の選択の自由度が高くなる。

なお、上述した実施形態では、1つの圧電アクチュエータユニット 2 9 を 2 列のノズル列に対応させて配置する構成を説明したが、一変形例としては、複数の圧電アクチュエータユニット 2 9 を設けて、複数のノズル開口 2 3 A、2 3 B 及び複数の圧力室 3 4 A、3 4 B で形成される第 1 列及び第 2 列から成る組を、各圧電アクチュエータユニット 2 9 に対応させて複数組設けることもできる。

図 2 に示したようにテープキャリアパッケージ 3 2 が垂直方向に引き出されているので、前記の如く圧電アクチュエータユニット 2 9 の設置数を増やした場合でも配線の引き回しが容易である。この変形例の場合でも 1 つの圧電アクチュエータユニット 2 9 で 2 列のノズル列に対応することができるので、上述した実施形態と同様の効果を得ることができる。

次に、上述した実施形態の一変形例について図 1 6 A、図 1 6 B、及び図 1 7 を参照して説明する。

上述した実施形態においては、図 1 4 に示したように積層方向に沿って積層体 5 5 に切り込みを形成し、圧電振動子 3 3 同士を互いに物理的に分離している。これに対して本変形例においては、図 1 7 に示したように圧電振動子 3 3 同士が互いに分離されていない。

本変形例においては、複数の圧電振動子 3 3 のそれぞれは、図 1 6 A に示した第 1 導電材料層 5 0 により構成される基準電位側の共通電極層 4 4 と、図 1 6 B に示した第 2 導電材料層 5 1 により構成される駆動電圧入力側の個別電極層 4 3 との、積層方向における重なり部分によって個別化されて形成されている。

つまり、圧電振動子 3 3 同士を切り込みによって物理的に切り離すのではなく、圧電振動子 3 3 同士の間に圧電変形不能の非活性壁部分を介在させることにより、圧電振動子 3 3 同士を物性的に分離している。換言すれば、圧電振動子 3 3 同士の間に存在する圧電変形不能の非活性壁部分を介して、複数の圧電振動子 3 3 が互いに分離されることなく一体に形成されている。

なお、以上は、液体噴射ヘッドの一種である記録ヘッド 1 2 を例に挙げて説明したが、本発明は、液晶噴射ヘッドや色材噴射ヘッド等といった他の液体噴射ヘッド、或いは、これらの液体噴射ヘッドに用いられる圧電アクチュエータユニットにも適用できる。また、マイクロポンプ等の各種装置に用いられる圧電アクチュエータユニットにも適用することができる。

また、上記実施形態では液体噴射装置の一種であるインクジェット式記録装置を例に挙げて説明したが、本発明は、液晶噴射ヘッドや色材噴射ヘッド等といった他の液体噴射ヘッドを備えた液体噴射装置にも適用できる。

以上、本発明の好ましい実施形態についてある程度詳細に記載したが、多くの変更や変形が可能であることは明らかである。従って、本発明の範囲及び精神から逸脱することなく、ここで特定の記載されたもの以外の形態で本発明が実施され得ることが理解されよう。

請求の範囲

1. 電極層と圧電材料層とが交互に積層され、両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子を備えた圧電アクチュエータユニットであって、

前記複数の圧電振動子は、前記積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並設されており、各圧電振動子は、前記積層方向及び前記振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向の一側の領域と他側の領域とを含み、前記一側の領域と前記他側の領域のいずれか一方が圧電変形可能な活性部を形成すると共にいずれか他方が圧電変形不能な非活性部を形成しており、隣り合う圧電振動子同士では前記活性部及び前記非活性部の配置が逆であり、各圧電振動子は駆動電圧入力側の個別電極層を有し、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層が前記振動子幅方向における前記圧電アクチュエータユニットの一側の側面に露出していることを特徴とする圧電アクチュエータユニット。

2. 前記複数の圧電振動子のそれぞれは、さらに、基準電位側の共通電極層を有し、

前記複数の圧電振動子のすべての前記共通電極層が、前記振動子幅方向における前記圧電アクチュエータユニットの他側の側面に露出している請求項1記載の圧電アクチュエータユニット。

3. 前記複数の圧電振動子を駆動するための外部駆動手段をさらに備え、

前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層が、前記圧電アクチュエータユニットの一つの側面にて前記外部駆動手段と電氣的に接続されている請求項1又は2に記載の圧電アクチュエータユニット。

4. 前記圧電アクチュエータユニットの一側の側面に露出した、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記個別電極層に電氣的に接続された複数の個別外部電極と、

前記圧電アクチュエータユニットの他側の側面に露出した、前記複数の圧電振動子のすべての前記共通電極層に対して電氣的に接続された共通外部電極と、をさらに備え、

前記共通外部電極は、前記個別外部電極と同じ側に引き出されている請求項2又は3に記載の圧電アクチュエータユニット。

5. 前記圧電振動子同士の間に前記振動子幅方向の全体にわたって延在する圧電変形不能の非活性壁部分を介して、前記複数の圧電振動子が互いに分離されることなく一体に形成されている請求項1乃至4のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータユニット。

6. 前記複数の圧電振動子はそれぞれが独立に形成されており、

前記アクチュエータユニットの前記積層方向の一側に配置された固定基板によって前記複数の圧電振動子が一体に固定されている請求項1乃至4のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータユニット。

7. 前記固定基板は快削性セラミクスによって形成されている請求項6記載の圧電アクチュエータユニット。

8. 前記固定基板を保持する圧電アクチュエータユニット基板をさらに備えた請求項6又は7に記載の圧電アクチュエータユニット。

9. 前記複数の圧電振動子の電極層に電氣的に接続されたテープキャリアパッケージをさらに備え、前記テープキャリアパッケージは前記複数の圧電振動子を駆動するための集積回路を含み、前記集積回路の裏面は前記圧電アクチュエータユニット基板に少なくとも部分的に固定されている請求項8記載の圧電アクチュエータユニット。

10. 電極層と圧電材料層とが交互に積層され両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子を、前記積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並べて構成された圧電アクチュエータユニットを製造する方法であって、

前記複数の圧電振動子の基準電位側の共通電極層を形成するための第1導電材料層と、前記複数の圧電振動子の駆動電圧入力側の個別電極層を形成するための第2導電材料層とを、圧電材料層を間に挟んで交互に積層して積層体を形成する積層工程を備え、

前記第1導電材料層には、前記振動子配列方向に沿って第1窓列をなして所定のピッチで配置された複数の第1窓部が形成されており、

前記第2導電材料層には、前記第1窓列に平行な第2窓列をなして前記所定のピッチで配置された複数の第2窓部が形成されており、

前記第1窓部と前記第2窓部とが前記所定のピッチの半分のピッチで前記振動

子配列方向に互いにずれていることを特徴とする圧電アクチュエータユニットの製造方法。

1 1. 前記積層方向における前記積層体の一方の面に固定基板を接合する工程をさらに備えた請求項 1 0 記載の圧電アクチュエータユニットの製造方法。

1 2. 前記積層方向及び前記振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向における前記積層体の一方の面に、前記第 2 導電材料層に接続される第 2 外部導電材料層を形成する工程と、

前記振動子幅方向における前記積層体の他方の面に前記第 1 導電材料層に接続される第 1 外部導電材料層を形成し、前記第 1 外部導電材料層を、前記固定基板の、前記積層体が接合された面と反対側の面を通して、前記第 2 外部導電材料層が形成された前記積層体の一方の面まで引き出すようにして延設する工程と、をさらに備えた請求項 1 1 記載の圧電アクチュエータユニットの製造方法。

1 3. 前記積層方向に沿って前記積層体に複数の切り込みを形成して前記複数の圧電振動子を形成する工程であって、前記複数の切り込みのそれぞれが、前記振動子配列方向における前記第 1 窓部の端部及び前記第 2 窓部の端部の両方にかかる位置にて形成される工程をさらに備えた請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータユニットの製造方法。

1 4. 前記第 1 導電材料層又は前記第 2 導電材料層が、前記複数の圧電振動子の先端に相当する前記積層体の端面にも形成される請求項 1 0 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータユニットの製造方法。

1 5. 前記複数の圧電振動子を駆動するための外部駆動手段を、前記積層体の一つの面にて、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層に電氣的に接続する工程をさらに備えた請求項 1 0 乃至 1 4 のいずれか一項に記載の圧電アクチュエータユニットの製造方法。

1 6. 電極層と圧電材料層とが交互に積層され両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子を、前記積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並べて構成された圧電アクチュエータユニットを製造するために使用される圧電構造体であって、

前記複数の圧電振動子の基準電位側の共通電極層を形成するための第 1 導電材

料層と、前記複数の圧電振動子の駆動電圧入力側の個別電極層を形成するための第２導電材料層とを、圧電材料層を間に挟んで交互に積層して形成された積層体を備え、

前記第１導電材料層には、前記振動子配列方向に沿って第１窓列をなして所定のピッチで配置された複数の第１窓部が形成されており、

前記第２導電材料層には、前記第１窓列に平行な第２窓列をなして前記所定のピッチで配置された複数の第２窓部が形成されており、

前記第１窓部と前記第２窓部とが前記所定のピッチの半分のピッチで前記振動子配列方向に互いにずれていることを特徴とする圧電構造体。

１７． 前記積層方向における前記積層体の一方の面に接合された固定基板をさらに備えた請求項１６記載の圧電構造体。

１８． 前記積層方向及び前記振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向における前記積層体の一方の面に形成され、前記第２導電材料層に接続された第２外部導電材料層と、

前記振動子幅方向における前記積層体の他方の面に形成され、前記第１導電材料層に接続された第１外部導電材料層であって、前記固定基板の、前記積層体が接合された面と反対側の面を通して、前記第２外部導電材料層が形成された前記積層体の一方の面まで引き出すようにして延設された第１外部導電材料層と、をさらに備えた請求項１７記載の圧電構造体。

１９． 前記積層方向に沿って前記積層体に形成された複数の切り込みによって前記複数の圧電振動子が形成され、前記複数の切り込みのそれぞれが、前記振動子配列方向における前記第１窓部の端部及び前記第２窓部の端部の両方にかかる位置にて形成された請求項１６乃至１８のいずれか一項に記載の圧電構造体。

２０． 前記第１導電材料層又は前記第２導電材料層が、前記複数の圧電振動子の先端に相当する前記積層体の端面にも形成されている請求項１６乃至１９のいずれか一項に記載の圧電構造体。

２１． 前記積層体の一つの面にて前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層に接続された、前記複数の圧電振動子を駆動するための外部駆動手段をさらに備えた請求項１６乃至２０のいずれか一項に記載の圧電構造体。

２２． 液滴が噴射される複数のノズル開口が所定のピッチで列状に形成されたノズル形成面を有する液体噴射ヘッドを備えた液体噴射装置であって、

前記液体噴射ヘッドは、前記複数のノズル開口のそれぞれに連通する複数の圧力室と、前記複数の圧力室のそれぞれの一面を形成する複数の弾性壁と、前記弾性壁を変形させて前記圧力室の容積を変化させる圧電アクチュエータユニットと、を有し、

前記複数のノズル開口及び前記複数の圧力室は、互いに平行な第１列及び第２列をなして配置されると共に、前記第１列に属する前記ノズル開口及び前記圧力室と前記第２列に属する前記ノズル開口及び前記圧力室とが前記所定のピッチの半分のピッチで互いにずれており、

前記圧電アクチュエータユニットは、前記複数の圧力室に対応させて前記所定のピッチの半分のピッチで１列に配置された複数の圧電振動子を有し、前記複数の圧電振動子のそれぞれが、前記第１列又は前記第２列に属する前記圧力室に対応する圧電変形可能な活性部と、前記第２列又は前記第１列に属する前記圧力室同士を隔離する隔壁に対応する圧電変形不能な非活性部と、を含み、隣り合う前記圧電振動子同士では前記活性部及び前記非活性部の配置が逆であり、各圧電振動子は駆動電圧入力側の個別電極層を有し、前記複数の圧電振動子のすべての前記個別電極層が前記振動子幅方向における前記圧電アクチュエータユニットの一侧の側面に露出していることを特徴とする液体噴射装置。

２３． 前記圧電振動子は圧電材料層と電極層とを前記ノズル形成面に垂直な方向に沿って積層して形成されており、前記圧電振動子は前記圧電材料層及び前記電極層の積層方向に振動する請求項２２記載の液体噴射装置。

２４． 前記複数の圧電振動子のすべてと外部駆動源とが前記圧電アクチュエータユニットの一側面にて電氣的に接続されている請求項２３記載の液体噴射装置。

２５． 前記圧電アクチュエータユニットを複数備え、

前記複数のノズル開口及び前記複数の圧力室で構成される前記第１列及び前記第２列から成る組を複数備え、

前記第１列及び前記第２列から成る各組毎に前記圧電アクチュエータユニット

を配置した請求項 2 2 乃至 2 4 のいずれか一項に記載の液体噴射装置。

2 6. 前記複数の弾性壁は、前記複数の圧力室の全体を覆う弾性板の一部から成り、

前記弾性板の前記圧電アクチュエータユニット側の面は、前記複数の弾性壁のそれぞれの周囲においては前記圧電アクチュエータユニットのみに接合されている請求項 2 2 乃至 2 5 のいずれか一項に記載の液体噴射装置。

2 7. 前記複数の圧力室のそれぞれに対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記活性部が接合された複数の島状の可動厚肉部と、前記複数の圧力室同士を隔離する前記隔壁に対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記非活性部が接合された複数の島状の固定厚肉部とが、前記弾性板の前記圧電アクチュエータユニット側の面に設けられている請求項 2 6 記載の液体噴射装置。

2 8. 前記複数の圧力室のそれぞれに対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記活性部が接合された複数の島状の可動厚肉部と、前記複数の圧力室同士を隔離する前記隔壁に対応して形成され、前記複数の圧電振動子のそれぞれの前記非活性部が接合された複数の半島状の固定厚肉部と、前記第 1 列に対応する前記半島状の固定厚肉部同士を連結する第 1 厚肉基部と、前記第 2 列に対応する前記半島状の固定厚肉部同士を連結する第 2 厚肉基部とが、前記弾性板の前記圧電アクチュエータユニット側の面に設けられている請求項 2 6 記載の液体噴射装置。

2 9. 前記第 1 厚肉基部及び前記第 2 厚肉基部は、前記圧力室に関して、前記ノズル開口が形成された側とは反対側に配置されている請求項 2 8 記載の液体噴射装置。

3 0. 前記隔壁に対応して形成された前記島状の固定厚肉部又は前記半島状の固定厚肉部の長さは、前記圧力室に対応して形成された前記島状の可動厚肉部の長さよりも長い請求項 2 7 乃至 2 9 のいずれか一項に記載の液体噴射装置。

3 1. 前記弾性壁は、前記島状の可動厚肉部に対応する部分と、前記島状の可動厚肉部の周囲に形成されたコンプライアンス部と、を有し、

前記コンプライアンス部の外側輪郭は、前記複数のノズル開口の配列方向にお

いては、前記隔壁に対応して形成された前記島状の固定厚肉部又は前記半島状の固定厚肉部によって規定され、前記複数のノズル開口の配列方向に直行する方向においては、前記圧力室を形成する側壁面の一部及び前記圧力室のインク供給口によって規定される請求項 27 乃至 30 のいずれか一項に記載の液体噴射装置。

32. 前記圧電振動子は圧電材料層と電極層とを前記ノズル形成面に垂直な方向に沿って積層して形成されており、前記圧電振動子は前記圧電材料層及び前記電極層の積層方向に振動し、前記圧電振動子同士の間前記振動子幅方向の全体にわたって延在する圧電変形不能の非活性壁部分を介して、前記複数の圧電振動子が互いに分離されることなく一体に形成されている請求項 22 乃至 31 のいずれか一項に記載の液体噴射装置。

要 約 書

本発明は電極層と圧電材料層とが交互に積層され、両層の積層方向に振動する複数の圧電振動子 3 3 を備えた圧電アクチュエータユニット 2 9 である。複数の圧電振動子 3 3 は、積層方向に直交する振動子配列方向に沿って一列に並設されている。各圧電振動子 3 3 は、積層方向及び振動子配列方向の両方に直交する振動子幅方向の一側の領域と他側の領域とを含み、一側の領域と他側の領域のいずれか一方が圧電変形可能な活性部を形成すると共にいずれか他方が圧電変形不能な非活性部を形成しており、隣り合う圧電振動子同士では活性部及び非活性部の配置が逆である。本発明によれば、液体噴射ヘッドのノズル数を支障なく増加させることができる。